



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> : <b>H04B 10/08, G01M 11/00</b>	<b>A1</b>	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 99/12287</b>
		(43) Date de publication internationale: 11 mars 1999 (11.03.99)

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR98/01869

(22) Date de dépôt international: 31 août 1998 (31.08.98)

(30) Données relatives à la priorité:  
97/10841 1er septembre 1997 (01.09.97) FR(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): ALCATEL  
[FR/FR]; 54, rue La Boétie, F-75008 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

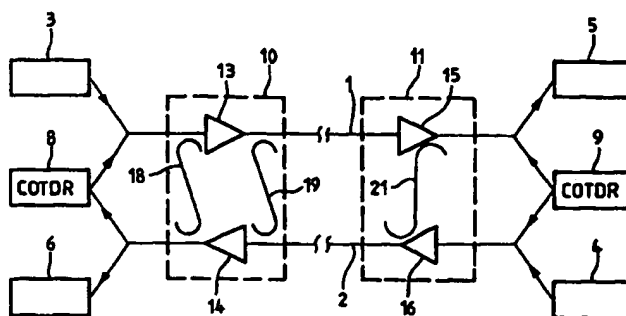
(75) Inventeurs/Déposants (US seulement): LETELLIER, Vincent  
[FR/FR]; 144, avenue d'Italie, F-75013 Paris (FR). GAU-  
THERON, Olivier [FR/FR]; 5, Villa Sophie, F-78960  
Voisin le Bretonneux (FR).(74) Mandataires: LAMOUREUX, Bernard etc.; Compagnie Fi-  
nancière Alcatel, Dept. PI, 30, avenue Kléber, F-75116  
Paris (FR).(81) Etats désignés: JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY,  
DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,  
SE).

Publiée

Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM WITH COHERENT OPTICAL TIME DOMAIN REFLECTOMETRY

(54) Titre: SYSTEME DE TRANSMISSION OPTIQUE A REFLECTOMETRIE OPTIQUE TEMPORELLE COHERENTE



## (57) Abstract

The invention concerns a method for reducing interactions between the signal in the transmission direction (2) and the back scattered noise coming from the other transmission direction (1) in a link through non-bi-directional and amplified optical fibre, having an optical loop-back (18, 19, 21) of the amplifiers (13, 14; 15, 16) to enable COTDR (coherent optical time domain reflectometry). The method is characterised by a spectral broadening, for example by modulating the wavelength over at least one of the transmission directions. Said modulation is produced for example simply by modulating the injection current of a laser used as transmitter (3). A low frequency modulation - of the order of kHz - is suitable, thereby reducing interactions while enabling COTDR. The invention also concerns a link implementing the method.

**(57) Abrégé**

L'invention concerne un procédé de réduction des interactions entre le signal dans un sens de transmission (2) et le bruit rétrodiffusé provenant de l'autre sens de transmission (1) dans une liaison par fibre optique non bidirectionnelle et amplifiée, présentant un bouclage optique (18, 19, 21) des amplificateurs (13, 14; 15, 16) pour permettre la COTDR (réflectométrie optique temporelle cohérente); elle est caractérisée par un élargissement spectral, par exemple par modulation de la longueur d'onde sur au moins un des sens de transmission. Cette modulation s'effectue par exemple simplement en modulant le courant d'injection d'un laser servant d'émetteur (3). Une modulation à basse fréquence – de l'ordre du kHz – est appropriée. On assure ainsi simplement la réduction des interactions, tout en permettant la COTDR. L'invention concerne aussi une liaison mettant en oeuvre le procédé.

**UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce			TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	ML	Mali	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MN	Mongolie	UA	Ukraine
BR	Bésil	IL	Israël	MR	Mauritanie	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MW	Malawi	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	MX	Mexique	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NE	Niger	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NL	Pays-Bas	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NO	Norvège	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	NZ	Nouvelle-Zélande		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PL	Pologne		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	PT	Portugal		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RO	Roumanie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	RU	Fédération de Russie		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SD	Soudan		
DK	Danemark	LR	Libéria	SE	Suède		
EE	Estonie			SG	Singapour		

**SYSTEME DE TRANSMISSION OPTIQUE A REFLECTOMETRIE**  
**OPTIQUE TEMPORELLE COHERENTE**

La présente invention a pour objet une liaison par fibre optique non  
5 bidirectionnelle et amplifiée, présentant un bouclage optique des amplificateurs pour  
permettre la COTDR. Elle concerne aussi un procédé de réduction des interactions  
entre le signal dans un sens de transmission et le bruit rétrodiffusé provenant de  
l'autre sens de transmission dans une telle liaison.

L'invention concerne la réflectométrie optique temporelle cohérente, connue  
10 sous l'acronyme COTDR correspondant à son appellation en langue anglaise  
(coherent optical time domain reflectometry). La COTDR permet de surveiller la  
qualité des liaisons optiques.

L'utilisation de la COTDR dans les systèmes de transmission optique non-  
bidirectionnel à répéteurs impose de prévoir un bouclage des répéteurs, de sorte à  
15 permettre la transmission du signal de réflectométrie utilisé; en effet, les  
amplificateurs des répéteurs présentent des isolateurs bloquant la transmission du  
signal d'OTDR réfléchi. Un tel montage de mesure par COTDR dans un système de  
transmission non-bidirectionnel à amplificateurs est par exemple décrit dans un  
article de S. Fukurawa et al., Enhanced coherent OTDR for long span optical  
20 transmission lines containing optical fiber amplifiers, IEEE Photonics Technology  
Letters, 1995, vol. 7 no 5, pp. 540-542.

R.K. Staubli et al., Crosstalk penalties due to coherent Rayleigh noise in  
bidirectional optical communication systems, Journal of Lightwave Technology,  
1991, vol. 9 no. 3, décrit dans des systèmes de transmission bidirectionnels les effets  
25 du battement entre le signal se propageant dans une direction et le bruit généré par la  
rétrodiffusion Rayleigh du signal se propageant dans l'autre direction. Ce document  
n'évoque pas les systèmes non-bidirectionnels, Il y est précisé que dans le cas des  
systèmes bidirectionnels à double source, avec des longueurs d'onde différentes dans  
les deux sens de propagation, il n'y a pas d'interférence détectable entre la lumière  
30 Rayleigh rétrodiffusée et le signal. Pour des systèmes bidirectionnels à source  
unique, la limite due aux effets du battement est évaluée, mais aucune solution  
pratique n'est proposé pour dépasser cette limite,

O. Gautheron et al., COTDR performance optimisation for amplified  
transmission systems, IEEE Photonics Technology Letters, 1997, vol. 7 no 5, pp.  
35 1041- 1043 décrit deux types de bouclage des amplificateurs pour des systèmes de  
transmission non-bidirectionnels; il décrit encore, lorsque l'on utilise les mêmes  
longueurs d'onde dans les deux sens de transmission, l'impact du bruit de Rayleigh  
cohérent sur les performances du système. Cet article propose, pour réduire cet

impact, de prévoir dans le système de transmission un brouillage de polarisation à haute vitesse, et de limiter à + 2 dBm la puissance émise par longueur d'onde.

5 L'invention propose, pour un système de transmission optique amplifiée non-bidirectionnel, avec un bouclage des répéteurs, une solution au problème du battement entre un signal se propageant dans une direction et la rétrodiffusion Rayleigh du signal se propageant dans l'autre direction. La solution de l'invention permet de limiter, ou encore d'annuler l'effet de ce battement, par des moyens simples. Elle permet de dépasser les limites sur la puissance des solutions connues.

10 Plus précisément, l'invention propose une liaison par fibre optique non bidirectionnelle et amplifiée, présentant un bouclage optique des amplificateurs pour permettre la COTDR, caractérisée par des longueurs d'onde différentes dans les deux sens de transmission.

15 L'invention propose encore un procédé de réduction des interactions entre le signal dans un sens de transmission et le bruit rétrodiffusé provenant de l'autre sens de transmission dans une liaison par fibre optique non bidirectionnelle et amplifiée, présentant un bouclage optique des amplificateurs pour permettre la COTDR, caractérisée par l'utilisation de longueurs d'onde différentes dans les deux sens de transmission.

20 Avantageusement, dans cette liaison ou selon ce procédé, les longueurs d'onde dans les deux sens de transmission sont choisies de sorte que le signal rétrodiffusé provenant du signal dans un sens de transmission subisse une forte atténuation lorsqu'il traverse le filtre de réception d'un canal de l'autre sens de transmission.

25 Dans cette liaison ou selon ce procédé, les longueurs d'onde dans les deux sens de transmission peuvent être choisies de sorte que le signal rétrodiffusé provenant du signal dans un sens de transmission subisse une atténuation d'un facteur d'au moins 10 lorsqu'il traverse le filtre de réception d'un canal de l'autre sens de transmission.

30 De préférence, dans le cas d'émission dans chacun des sens de transmission d'un multiplex en longueurs d'onde, les longueurs d'ondes du multiplex dans un des sens de transmission sont intercalées entre les longueurs d'ondes du multiplex dans l'autre sens de transmission.

L'invention propose aussi une liaison par fibre optique non bidirectionnelle et amplifiée, présentant un bouclage optique des amplificateurs pour permettre la COTDR, caractérisée par des moyens d'élargissement spectral du signal sur au moins un des sens de transmission.

35 Dans un mode de réalisation, ces moyens d'élargissement spectral comprennent des moyens de modulation de longueur d'onde. Avantageusement, ceux-ci assurent une modulation de longueur d'onde avec une vitesse de modulation comprise entre 0,5 kHz et 10 GHz, de préférence entre 1 kHz et 5 GHz. Les moyens de modulation

de longueur d'onde font de préférence varier la longueur d'onde sur une plage supérieure à quelques fois le débit de la liaison, de préférence supérieure à deux fois le débit de la liaison.

Dans un mode de réalisation, les moyens d'élargissement spectral comprennent  
5 des moyens de modulation du courant d'injection d'un laser d'un émetteur d'au moins un des sens de transmission.

Dans un autre mode de réalisation, les moyens d'élargissement spectral comprennent des moyens de modulation de phase. Ceux-ci assurent avantageusement une modulation avec une vitesse de modulation supérieure à quelques fois le débit de  
10 la liaison, de préférence supérieure à deux fois le débit de la liaison.

L'invention propose enfin un procédé de réduction des interactions entre le signal dans un sens de transmission et le bruit rétrodiffusé provenant de l'autre sens de transmission dans une liaison par fibre optique non bidirectionnelle et amplifiée, présentant un bouclage optique des amplificateurs pour permettre la COTDR,  
15 caractérisée par un élargissement spectral du signal sur au moins un des sens de transmission.

Dans un mode de réalisation, l'élargissement spectral comprend une modulation de longueur d'onde, par exemple avec une vitesse de modulation est comprise entre 0,5 kHz et 10 GHz, de préférence entre 1 kHz et 5 GHz. La  
20 modulation de longueur d'onde peut faire varier la longueur d'onde sur une plage supérieure à quelques fois le débit de la liaison, de préférence supérieure à deux fois le débit de la liaison.

L'élargissement spectral s'effectue de préférence par modulation du courant d'injection d'un laser d'un émetteur d'au moins un des sens de transmission.

25 Dans un autre mode de réalisation, l'élargissement spectral comprend une modulation de phase, par exemple avec une vitesse de modulation supérieure à quelques fois le débit de la liaison, de préférence supérieure à deux fois le débit de la liaison.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de  
30 la description qui suit de modes de réalisation de l'invention, donnée à titre d'exemple et en référence aux dessins annexés qui montrent:

- figure 1, une représentation schématique d'un système de transmission optique amplifiée non-bidirectionnel, avec des bouclages entre les répéteurs;
- figure 2, une représentation schématique des longueurs d'onde utilisées selon  
35 l'invention dans le système de la figure 1.

La figure 1 montre une représentation schématique d'un système de transmission optique amplifiée non-bidirectionnel, avec des bouclages entre les répéteurs. Le système de la figure 1 comprend une fibre amont 1 et une fibre aval 2.

Des émetteurs amont 3 et aval 4 émettent respectivement des signaux dans les fibres 1 et 2. Des récepteurs amont 5 et aval 6, disposés de l'autre côté des fibres 1 et 2, reçoivent les signaux correspondants. Un dispositif amont 8 de COTDR, situé du même côté que l'émetteur amont et que le récepteur aval émet des signaux dans la  
5 fibre 1 et reçoit les signaux en provenance de la fibre 2. Un dispositif aval 9 de COTDR, situé du même côté que l'émetteur aval et que le récepteur amont émet des signaux dans la fibre 2 et reçoit les signaux en provenance de la fibre 1.

La figure 1 montre deux répéteurs 10 et 11, dans les configurations possibles de bouclage optique. Chacun des répéteurs 10 et 11 comprend un amplificateur optique  
10 amont 13 et 15, et un amplificateur optique aval 14 et 16, respectivement disposés sur les fibres amont 1 et aval 2. Le répéteur 10 présente deux fibres de bouclage 18 et 19, qui relient respectivement l'entrée de l'amplificateur amont 13 à la sortie de l'amplificateur aval 14 et la sortie de l'amplificateur amont 13 à l'entrée de l'amplificateur aval 14. Le répéteur 11 présente une fibre de bouclage 21, qui relie la  
15 sortie de l'amplificateur amont 15 à la sortie de l'amplificateur aval 16. Les fibres de bouclage 18, 19 et 21 permettent au signal de COTDR réfléchi de rejoindre le dispositif de COTDR dont il provient. Un système comme celui de la figure 1 est décrit dans l'article de O. Gautheron et al. visé plus haut.

Dans un tel système, la puissance rétrodiffusée par effet Rayleigh sur la fibre  
20 amont est transmise sur la fibre aval 2, et pénalise la transmission. Dans un premier mode de réalisation, l'invention propose, pour réduire la pénalité induite sur la transmission, d'utiliser des longueurs d'onde différentes dans les deux sens de transmission, de sorte à diminuer ou annuler dans la ou les fenêtres de réception d'une des directions de transmission la puissance rétrodiffusée provenant de l'autre  
25 direction de transmission. La différence de longueur d'onde entre les deux sens de transmission est de préférence supérieure à la dérive des émetteurs, par exemple supérieure à la dérive des lasers utilisés comme émetteurs. Une différence de 0,4 ou 0,5 nm peut être suffisante. Avantageusement, dans le cas de multiplexage en longueurs d'onde (WDM), les longueurs d'ondes dans les deux sens de transmission  
30 sont décalées de sorte à intercaler les différents canaux. La figure 2 montre l'allure possible des spectres dans un des deux sens de transmission. Les canaux de transmission sont représentés par les traits verticaux 25 et 26. Les rectangles pointillés 27 et 28 représentent les fenêtres de réception correspondantes. Les rectangles en traits pleins 29 et 30 représentent le bruit rétrodiffusé depuis l'autre sens  
35 de transmission.

Dans une transmission du type de celle représentée à la figure 1, avec des fibres à dispersion décalée (DSF) ou des fibres standard, on peut ainsi utiliser dans le sens amont des canaux à des longueurs d'ondes  $\lambda_1$  et  $\lambda_3$  de 1550 et 1552 nm, et dans le

sens aval des canaux à des longueurs d'ondes  $\lambda_2$  et  $\lambda_4$  de 1551 et 1553 nm. Dans une telle allocation de longueurs d'onde, on peut prévoir des fenêtres de réception de 0,5 nm pour chaque canal. Une telle configuration permet d'assurer une forte atténuation du signal rétrodiffusé depuis un sens de transmission, lorsqu'il traverse le filtre de  
5 réception des canaux de l'autre sens de transmission. Un facteur d'atténuation au moins égal à 10, i.e. une réduction du signal rétrodiffusé à moins de 10% de sa puissance fournit de bons résultats. On limite ainsi simplement les pénalités dues à l'interaction avec le signal rétrodiffusé.

L'invention permet ainsi une exploitation optimale du système de transmission,  
10 malgré la présence des bouclages optiques des amplificateurs, tout en assurant la transmission efficace des signaux de COTDR.

Dans un second mode de réalisation, l'invention propose encore de réduire les interactions entre le signal dans un sens de transmission et le bruit rétrodiffusé provenant de l'autre sens de transmission, en prévoyant un élargissement spectral du  
15 signal sur au moins un sens de transmission. Ceci a pour effet d'élargir de façon correspondante le spectre du signal rétrodiffusé par effet Rayleigh; l'effet du battement avec le signal dans l'autre sens de transmission est alors réduit dans la fenêtre de réception de cet autre sens de transmission.

Cet élargissement spectral peut être effectué sur le signal dans un des sens de  
20 transmission. Il est aussi possible de mettre en oeuvre un tel élargissement spectral dans les deux sens de transmission, encore que ceci ne soit pas indispensable pour atteindre les résultats de l'invention.

Cet élargissement spectral peut par exemple être réalisé par modulation de la longueur d'onde du signal émis. La vitesse de modulation est avantageusement  
25 comprise entre quelques kHz et quelques GHz, par exemple entre 0,5 kHz et 10 GHz. L'amplitude de modulation est typiquement supérieure à quelques fois le débit de la liaison, de préférence supérieure à deux fois le débit de la liaison. Une amplitude de modulation de quelques GHz, par exemple 5 ou 10 GHz dans le cas d'une liaison à 2,5 Gbit/s est appropriée. Dans le cas d'une liaison WDM (multiplexage en longueur  
30 d'onde), on entend par débit de la liaison le débit par canal.

Une telle modulation de longueur d'onde peut être mise en oeuvre simplement par modulation du courant d'injection d'un laser servant de source lumineuse dans un émetteur du système de transmission. Cette solution est particulièrement avantageuse dans le cas d'une modulation de longueur d'onde à basse fréquence, typiquement en  
35 dessous de quelques kHz, ou 1 kHz; en effet, dans ce cas, la modulation d'intensité parasite engendrée par la modulation de longueur d'onde du laser est absorbée ou lissée par le post-amplificateur de l'émetteur, s'il en existe un.

Dans les autres cas, la modulation d'intensité parasite peut rester parfaitement acceptable et ne pas entraîner de dégradation importante des performances de la liaison. Il est aussi possible d'utiliser comme émetteur des laser à plusieurs sections. La modulation du courant d'injection d'une des sections du laser peut permettre de  
5 moduler la longueur d'onde du signal, sans modulation parasite de l'intensité du signal. Une modulation de longueur d'onde à haute vitesse, par exemple à des vitesses de 1 ou quelques GHz permet d'atténuer le battement entre le signal rétrodiffusé et le signal se propageant dans l'autre sens de transmission, au moins dans les fenêtres de réception de cet autre sens de transmission.

10 Dans un autre mode de réalisation, l'invention propose d'effectuer une modulation de phase à haute vitesse du signal sur au moins un des sens de transmission. L'interaction entre le signal réfléchi par rétrodiffusion Rayleigh et le signal se propageant dans l'autre sens de transmission est alors moins gênante. Cette solution présente l'avantage de ne pas entraîner de modulation d'intensité parasite.

15 Cette solution peut être mise en oeuvre en disposant en aval de l'émetteur 3 ou 4 un modulateur de phase, avec une vitesse de modulation supérieure à quelques fois le débit de la liaison, par exemple supérieure à deux fois le débit de la liaison. Une vitesse de modulation comprise entre 5 GHz et 10 GHz est appropriée pour une liaison à 2,5 Gbit/s. De nouveau, dans le cas d'une liaison WDM, on entend par débit  
20 de la liaison le débit par canal. L'amplitude de modulation est indifférente, et peut être choisie entre 0 et  $2\pi$ . Une valeur de  $\pi$  fournit de bons résultats.

Bien entendu, la présente invention n'est pas limitée aux exemples et modes de réalisation décrits et représentés, mais elle est susceptible de nombreuses variantes accessibles à l'homme de l'art. On pourrait ainsi utiliser d'autres moyens de  
25 modulation que ceux décrits.



### REVENDICATIONS

1.- Liaison par fibre optique non bidirectionnelle et amplifiée, présentant un bouclage optique (18, 19, 21) des amplificateurs (13, 14; 15, 16) pour permettre la  
5 COTDR, caractérisée par des longueurs d'onde différentes dans les deux sens de transmission.

2.- Liaison selon la revendication 1, caractérisé en ce que les longueurs d'onde dans les deux sens de transmission sont choisies de sorte que le signal rétrodiffusé  
10 provenant du signal dans un sens de transmission subisse une forte atténuation lorsqu'il traverse le filtre de réception d'un canal de l'autre sens de transmission.

3.- Liaison selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les longueurs d'onde dans les deux sens de transmission sont choisies de sorte que le signal  
15 rétrodiffusé provenant du signal dans un sens de transmission subisse une atténuation d'un facteur d'au moins 10 lorsqu'il traverse le filtre de réception d'un canal de l'autre sens de transmission.

4.- Liaison selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé par l'émission dans  
20 chacun des sens de transmission d'un multiplex en longueurs d'onde, les longueurs d'ondes du multiplex dans un des sens de transmission étant intercalées entre les longueurs d'ondes du multiplex dans l'autre sens de transmission.

5.- Procédé de réduction des interactions entre le signal dans un sens de  
25 transmission et le bruit rétrodiffusé provenant de l'autre sens de transmission dans une liaison par fibre optique non bidirectionnelle et amplifiée, présentant un bouclage optique (18, 19, 21) des amplificateurs (13, 14; 15, 16) pour permettre la COTDR, caractérisée par l'utilisation de longueurs d'onde différentes dans les deux sens de transmission.

30

6.- Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que les longueurs d'onde dans les deux sens de transmission sont choisies de sorte que le signal rétrodiffusé  
provenant du signal dans un sens de transmission subisse une forte atténuation lorsqu'il traverse le filtre de réception d'un canal de l'autre sens de transmission.

35

7.- Procédé selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que les longueurs d'onde dans les deux sens de transmission sont choisies de sorte que le signal rétrodiffusé provenant du signal dans un sens de transmission subisse une atténuation

d'un facteur d'au moins 10 lorsqu'il traverse le filtre de réception d'un canal de l'autre sens de transmission.

5 8.- Procédé selon la revendication 5, 6 ou 7, caractérisé par l'émission dans chacun des sens de transmission d'un multiplex en longueurs d'onde, les longueurs d'ondes du multiplex dans un des sens de transmission étant intercalées entre les longueurs d'ondes du multiplex dans l'autre sens de transmission.

10 9.- Liaison par fibre optique non bidirectionnelle et amplifiée, présentant un bouclage optique (18, 19, 21) des amplificateurs (13, 14; 15, 16) pour permettre la COTDR, caractérisée par des moyens d'élargissement spectral du signal sur au moins un des sens de transmission.

15 10.- Liaison selon la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens d'élargissement spectral comprennent des moyens de modulation de longueur d'onde.

20 11.- Liaison selon la revendication 10, caractérisé en ce que les moyens de modulation de longueur d'onde assurent une modulation de longueur d'onde avec une vitesse de modulation comprise entre 0,5 kHz et 10 GHz, de préférence entre 1 kHz et 5 GHz.

25 12.- Liaison selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que les moyens de modulation de longueur d'onde font varier la longueur d'onde sur une plage supérieure à quelques fois le débit de la liaison, de préférence supérieure à deux fois le débit de la liaison.

30 13.- Liaison selon l'une des revendications 9 à 12, caractérisé en ce que les moyens d'élargissement spectral comprennent des moyens de modulation du courant d'injection d'un laser d'un émetteur d'au moins un des sens de transmission.

14.- Liaison selon l'une des revendications 9 à 13, caractérisée en ce que les moyens d'élargissement spectral comprennent des moyens de modulation de phase.

35 15.- Liaison selon la revendication 14, caractérisé en ce que les moyens de modulation de phase assurent une modulation avec une vitesse de modulation supérieure à quelques fois le débit de la liaison, de préférence supérieure à deux fois le débit de la liaison.

16.- Procédé de réduction des interactions entre le signal dans un sens de transmission et le bruit rétrodiffusé provenant de l'autre sens de transmission dans une liaison par fibre optique non bidirectionnelle et amplifiée, présentant un bouclage optique (18, 19, 21) des amplificateurs (13, 14; 15, 16) pour permettre la COTDR, caractérisée par un élargissement spectral du signal sur au moins un des sens de transmission.

17.- Procédé selon la revendication 16, caractérisé en ce que l'élargissement spectral comprend une modulation de longueur d'onde.

10

18.- Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce que la vitesse de modulation est comprise entre 0,5 kHz et 10 GHz, de préférence entre 1 kHz et 5 GHz.

19.- Procédé selon la revendication 16 ou 17, caractérisé en ce que la modulation de longueur d'onde fait varier la longueur d'onde sur une plage supérieure à quelques fois le débit de la liaison, de préférence supérieure à deux fois le débit de la liaison.

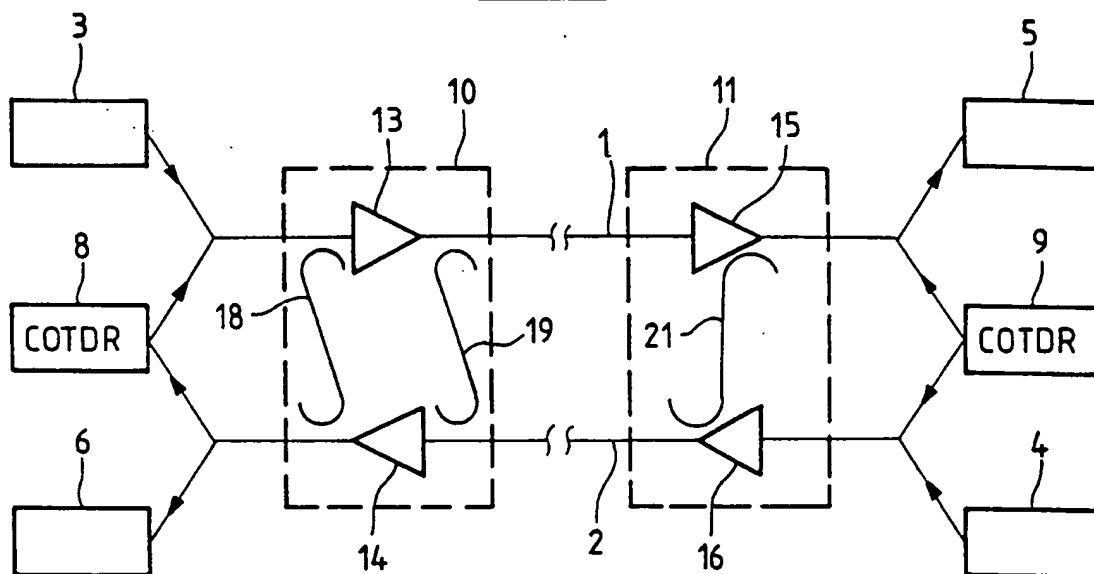
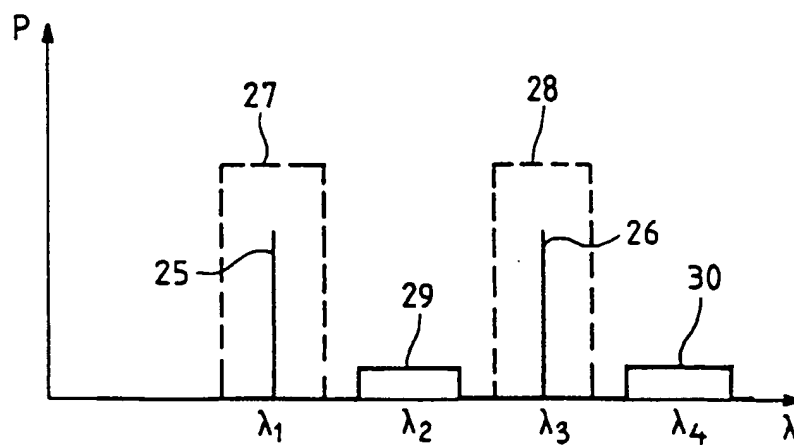
20.- Procédé selon l'une des revendications 16 à 19, caractérisé en ce que l'élargissement spectral s'effectue par modulation du courant d'injection d'un laser d'un émetteur d'au moins un des sens de transmission.

21.- Procédé selon l'une des revendications 16 à 20, caractérisé en ce que l'élargissement spectral comprend une modulation de phase.

25

22.- Procédé selon la revendication 21, caractérisé en ce que la vitesse de modulation est supérieure à quelques fois le débit de la liaison, de préférence supérieure à deux fois le débit de la liaison.

1/1

FIG\_1FIG\_2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 98/01869

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 H04B10/08 G01M11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H04B G01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	GAUTHERON O ET AL: "COTDR PERFORMANCE OPTIMIZATION FOR AMPLIFIED TRANSMISSION SYSTEMS" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, vol. 9, no. 7, July 1997, pages 1041-1043, XP000659118 cited in the application	1,2,5,6
A	see page 1041, left-hand column, paragraph 1 - right-hand column, paragraph 1; figure 1	16
Y	GB 2 294 374 A (KOKUSAI DENSHIN DENWA CO LTD) 24 April 1996	1,2,5,6
A	see page 19, paragraph 3 - page 21, paragraph 2 see abstract; figures 1,4,10	3,7,9, 14,16
	--- -/--	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 October 1998

Date of mailing of the international search report

04/11/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Goudelis, M

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 98/01869

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 784 391 A (NIPPON ELECTRIC CO) 16 July 1997 see abstract; figures 1,2 -----	1,4,5,8, 9,16

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 98/01869

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 2294374 A	24-04-1996	JP 5344067 A	24-12-1993
		GB 2294373 A,B	24-04-1996
		GB 2268017 A,B	22-12-1993
<hr/>			
EP 0784391 A	16-07-1997	JP 9191291 A	22-07-1997
<hr/>			

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De. .nde internationale No

PCT/FR 98/01869

## A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 6 H04B10/08 G01M11/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 6 H04B G01M

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	GAUTHERON O ET AL: "COTDR PERFORMANCE OPTIMIZATION FOR AMPLIFIED TRANSMISSION SYSTEMS" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, vol. 9, no. 7, juillet 1997, pages 1041-1043, XP000659118 cité dans la demande	1,2,5,6
A	voir page 1041, colonne de gauche, alinéa 1 - colonne de droite, alinéa 1; figure 1 ---	16
Y	GB 2 294 374 A (KOKUSAI DENSHIN DENWA CO LTD) 24 avril 1996	1,2,5,6
A	voir page 19, alinéa 3 - page 21, alinéa 2  voir abrégé; figures 1,4,10 ---	3,7,9, 14,16
	-/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### \* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"Z" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

27 octobre 1998

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

04/11/1998

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Goudelis, M



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Des...de Internationale No

PCT/FR 98/01869

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 0 784 391 A (NIPPON ELECTRIC CO) 16 juillet 1997 voir abrégé; figures 1,2 -----	1,4,5,8, 9,16

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR 98/01869

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
GB 2294374 A	24-04-1996	JP 5344067 A	24-12-1993
		GB 2294373 A,B	24-04-1996
		GB 2268017 A,B	22-12-1993
EP 0784391 A	16-07-1997	JP 9191291 A	22-07-1997